

## Algedyrkning - teori og praksis

Nielsen, Søren Laurentius

*Published in:*  
Forskning i Bioenergi

*Publication date:*  
2012

*Document Version*  
Tidlig version også kaldet pre-print

*Citation for published version (APA):*  
Nielsen, S. L. (2012). Algedyrkning - teori og praksis. *Forskning i Bioenergi*, 40, 12-14.

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact [rucforsk@kb.dk](mailto:rucforsk@kb.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Algedyrkning

## – teori og praksis

Foto: Torben Skøtt/BioPress

Der bliver jævnligt fremsat mange højt urealistiske vurderinger af energipotentialet i alger. Det er dog rent faktisk muligt at etablere en rentabel algeproduktion i Danmark, hvis man fokusere på produktion af højværdiprodukter og kun bruger restprodukterne til energiformål.

Af Søren Laurentius Nielsen

Der rettes ofte store forventninger til mikroalger som fremtidens råstof til produktion af biodiesel og andre former for biobrændstoffer. Man hører jævnligt udsagn i stil med: "Mikroalger er 100 gange så effektive som andre energiafgrøder". Og i et indslag på CNN den 4. april 2008 blev det fremført, at man med mikroalger ville kunne producere op til 1.000 m<sup>3</sup> olie per hektar om året.

Men er det nu også rigtigt? Ser man i den videnskabelige litteratur, finder man værdier for olieproduktion

fra mikroalger på mellem 12 og 150 m<sup>3</sup> olie/hektar/år. Altså mellem 1 og 15 procent af hvad CNN oplyste, og tal der afviger en faktor 10 fra hinanden. Hvad skal man tro?

Noget er sikkert: mikroalger er levende væsener og de overholder naturlovene. Mikroalger er ikke skabt med henblik på at producere olie, og de er derfor ikke perfekte "oliefabrikker". Størrelsen af deres olieproduktion indgår i en række fysiologiske kompromiser, der først og fremmest skal sikre deres overlevelse og formering.

### Naturlovene

Vi kender ganske udmærket både de bagvedliggende naturlove, algerne fungerer under og deres fysiologiske tilpasninger. Vi kan derfor give os til at regne på, hvad deres olieproduktion maksimalt kan være.

I tabel 1 er vist to forskellige scenarier. I det første forestiller vi os, at vi etablerer en "algefabrik" et sted på ækvator, hvor solen altid skinner fra en skyfri himmel. Det giver et årligt

energiinput på 11.500 MJ/m<sup>2</sup>, men desværre er det kun knap halvdelen af den indstråling, der kan udnyttes i fotosyntesen.

Desuden forestiller vi os, at vi bruger en ikke-eksisterende superalge, der absorberer alt tilgængelig lys, og vi antager, at algen omsætter al sin akkumulerede energi i biomasse, der består af 70 procent olie. Vi når dermed op på en maksimal årlig olieproduktion på 500 m<sup>3</sup>/hektar – altså halvdelen af, hvad CNN påstod, og stadig kun ved anvendelse af en ikke-eksisterende superalge.

Forestiller vi os i stedet, at vi lægger vores anlæg i Danmark, hvor den årlige solindstråling er på 4.200 MJ/m<sup>2</sup>, og at vi bruger en meget effektiv, men realistisk alge, når vi kun en olieproduktion på 35 m<sup>3</sup>/hektar/år.

### Hvad siger praksis?

Det er teorien. Hvad siger praksis?

I virkelighedens verden er der overordnet to måder at producere mikroalger på: I åbne damme og i lukkede systemer, såkaldte fotobioreaktorer.



Fotobioreaktorer er forholdsvis dyre i konstruktion og drift, men giver de højeste udbytter – typisk mellem 48 – 72 gram algebiomasse/m<sup>2</sup>/dag.

De åbne damme er billigere i anlæg og drift, men udbyttet er kun på 2 – 20 gram algebiomasse/m<sup>2</sup>/dag. En ulempe ved åbne damme er netop, at de er åbne og dermed udsatte for fordampning, forurening og infektion med uønskede organismer såsom zooplankton, der lever af alger. Den ulempe har de lukkede fotobioreaktorer ikke.

Debatten om hvorvidt man bør bruge fotobioreaktorer eller åbne damme er ofte skarp og kan antage en nærmest "religiøs" karakter, hvor tilhængere af de to produktionssystemer står stejlt overfor hinanden. Tilhængere af åbne damme argumenterer med, at fotobioreaktorer er så dyre i anlæg og drift, at produktionen aldrig bliver rentabel. Omvendt mener tilhængere af fotobioreaktorer, at åbne damme har så lav en produktion og er så udsatte overfor forurening, at produktionen aldrig vil kunne gøres rentabel. Den største del af den kommercielle produktion af algebiomasse i dag sker dog i åbne damme.

### Pris for mikroalger i Israel

I tabel 2 ses nøgletal for omkostninger og produktion i to anlæg, der anvender åbne damme. Dels det israelsk-japanske firma NBT's anlæg i Eilat i Israel, der producerer kosttilskud,

dels Seambiotics anlæg ved Ashkelon i Israel, der kan betegnes som et storskala forsøgsanlæg.

Sidstnævnte er gennemautomatiseret og kan klare sig med en lav bemanning, ligesom anlægget er optimeret med hensyn til el-forbrug i kraft af nye omrørere. Seambiotics anlæg er endvidere placeret i et område med billige jordskatter, og det er nabo til et stort kulfyret kraftværk, som leverer CO<sub>2</sub> til algeproduktionen.

NBT's anlæg får derimod tilført dyrt CO<sub>2</sub> fra tryktanke, der er 2-3 gange så mange ansatte som hos Seambiotic, jordskatterne er høje og der er betydelige udgifter til vand. Alt i alt giver det en produktionspris på knap 17 USD/kg algetørstof, eller næsten 50 gange mere end det koster at producere et kg tørstof hos Seambiotic. NBT's anlæg vil således kun kunne levere alger til højværdiprodukter, mens Seambiotics pris er på et niveau, hvor det vil kunne bruges til fremstilling af biobrændstoffer.

### Danske produktionstal

Roskilde Universitet har i samarbejde med Aalborg Universitet Esbjerg og Fachhochschule Flensburg været involveret i et projekt på Lolland under ledelse af Grønt Center.

I projektet blev der udført to serier af forundersøgelser ved Onsevig Klimapark, hvor der er etableret en række algedamme bag et havdige. I disse damme er der udført forsøg med



Foto: Torben Skott/BioPress

Algedyrning i Onsevig Klimapark.



Foto: Torben Skott/BioPress

Algeforsøg ved AlgeCenter Danmark i Grenå.



Foto: Seambiotic

Seambiotics anlæg i Israel.

	Ækvator	Danmark
Solenergi (MJ/m <sup>2</sup> /år)	11.500	4.200
Udnyttes i fotosyntesen (procent)	45,8	45,8
Lysabsorption i alge (procent)	100	90
Fotonfangst i fotosystem (procent)	100	50
Fotosyntetisk effektivitet (procent)	26,7	26,7
Biomasseakkumulering (procent)	100	60
Olieindhold (procent)	70	50
Energi i biomasse (MJ/m <sup>2</sup> /år)	1.406	139
Energi i olie (MJ/m <sup>2</sup> /år)	984	70
Olieproduktion (m <sup>3</sup> /hektar/år)	500	35

Tabel 1. To scenarier for produktion af alger. Det første scenarie er baseret på en teoretisk beregning af det maksimale output ved ækvator med en ikke-eksisterende superalge. Det andet scenarie er baseret på danske forhold og med en effektiv, men realistisk alge.

	Dunaliella	Seambiotic
Lønninger	500.000 \$	120.000 \$
Elektricitet	180.000 \$	30.000 \$
Gødning	36.000 \$	36.000 \$
Skat	50.000 \$	10.000 \$
Kuldioxid	150.000 \$	5.000 \$
Vand	220.000 \$	15.000 \$
Øvrige udgifter	30.000 \$	20.000 \$
I alt	1.166.000 \$	236.000 \$
Årlig produktion	70 tons	700 tons
Pris/kg mikroalge	16,66 \$/ton	0,34 \$/ton

Tabel 2. Nøgletal for omkostninger og produktion i to anlæg, der begge anvender åbne damme. Dels det Israelsk-Japanske firma NBT's anlæg i Eilat i Israel, der producerer kosttilskud, dels Seambiotics anlæg ved Ashkelon i Israel, der kan betegnes som et storskala forsøgsanlæg.



Dyrkning og høst af brunalger på liner. En 250 meter lang hovedline spændes ud mellem to bøjer, hvorfra der hænger lodrette liner med tang ned i havet.

dyrkning af især grønne trådalger i drænvand fra landbrugsjord. Resultaterne viser, at der kunne opnås en produktion på 7,4 gram alger/m<sup>2</sup>/dag. Under forudsætning af, at der kan produceres alger otte måneder om året, svarer det til en årlig produktion på knap 18 tons tørstof/hektar.

I et forsøg som Algeinnovationscenteret gennemførte ved Søllesteds Rensningsanlæg, hvor man dyrkede mikroalger i spildevand i åbne kar med tilsætning af CO<sub>2</sub>, opnåede man en produktion på 7 gram algebiomasse/m<sup>2</sup>/dag – altså en værdi som svarer til, hvad man tidligere har fundet i åbne damme.

Det skal dog understreges, at produktionen foregik i sommerhalvåret. Produktiviteten må antages at være lavere forår og efterår, og formentlig lig nul om vinteren. Ikke desto mindre viser det, at det er muligt at producere biomasse fra mikroalger uden dørs om sommeren i Danmark, men der er langt op til de mest optimistiske tal for, hvad der kan lade sig gøre.

### Makroalger

En anden mulighed for at udnytte havets biomasse til energiproduktion

består i dyrkning og høst af makroalger, også kaldet tang. I modsætning til mikroalger som både findes i ferskvand og i havet, findes makroalger hovedsageligt i havet. De kan dyrkes med forskellige teknikker, bestående af liner eller ringe, der spændes ud i havet.

### Fakta om alger

- Der bliver fremsat mange tal og vurderinger, som er højst urealistiske og ligefrem i strid med naturlovene.
- Det er muligt at etablere en rentabel produktion af alger i Danmark, hvis parametrene vælges rigtigt, herunder valg af alger tilpasset lokale forhold.
- En sådan produktion bør fokusere på produktion af højværdiprodukter, udnyttelse af restprodukter til energiformål og genbrug af næringsstoffer fra spildevand og CO<sub>2</sub> fra røggas.
- Indsamling af "tang" langs danske kyster er en mulighed, men dyrere end at dyrke makroalger på liner.

Forsøg med dyrkning af brunalger i indre danske farvande og i den tyske del af Nordsøen viser, at produktiviteten er cirka tre gange så høj i Nordsøen, sammenlignet med indre danske farvande. Det skyldes især, at havvandet i den tyske del af Nordsøen indeholder betydelige mængder salt, og det giver væsentlig bedre vækstbetingelser for de store brunalger, man oftest er interesseret i. Tilsvarende tal ville kunne opnås for brunalger i den danske del af Nordsøen, eller ved produktion af andre, mindre saltkrævende alger som søsalat i indre danske farvande.

Makroalger kan også indsamles som opskyllet tang på stranden. Det er blandt andet blevet undersøgt i Solrød Kommune i 2010, hvor man konkluderede, at der vil kunne indsamles godt 22.000 tons tang i Køge Bugt til en pris på omkring 135 kroner/ton. Det er cirka 10 procent mere end det vil koste at dyrke den samme mængde tang i indre danske farvande.

Søren Laurentius Nielsen er lektor på Roskilde Universitet og forsker i biologi og bioteknologi.